

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”  
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ГРИБ ОЛЕГ ГЕРАСИМОВИЧ**  
**КАРПАЛЮК ІГОР ТИМОФІЙОВИЧ**

# **ВПЛИВ КОРОННОГО РОЗРЯДУ НА ЯКІСТЬ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ**

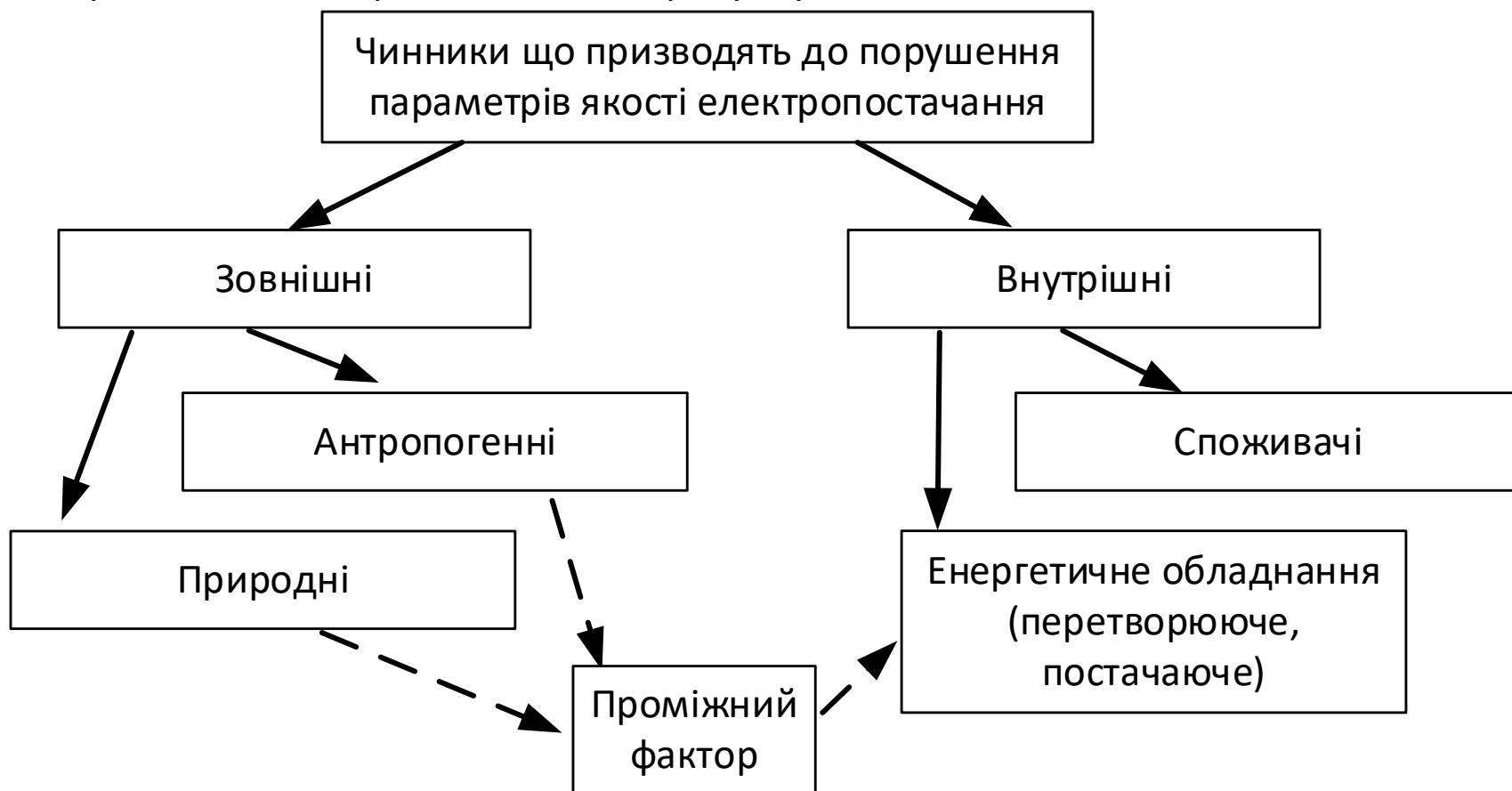
Харків – 2021

# ПЕРЕХІД ДО УМОВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ

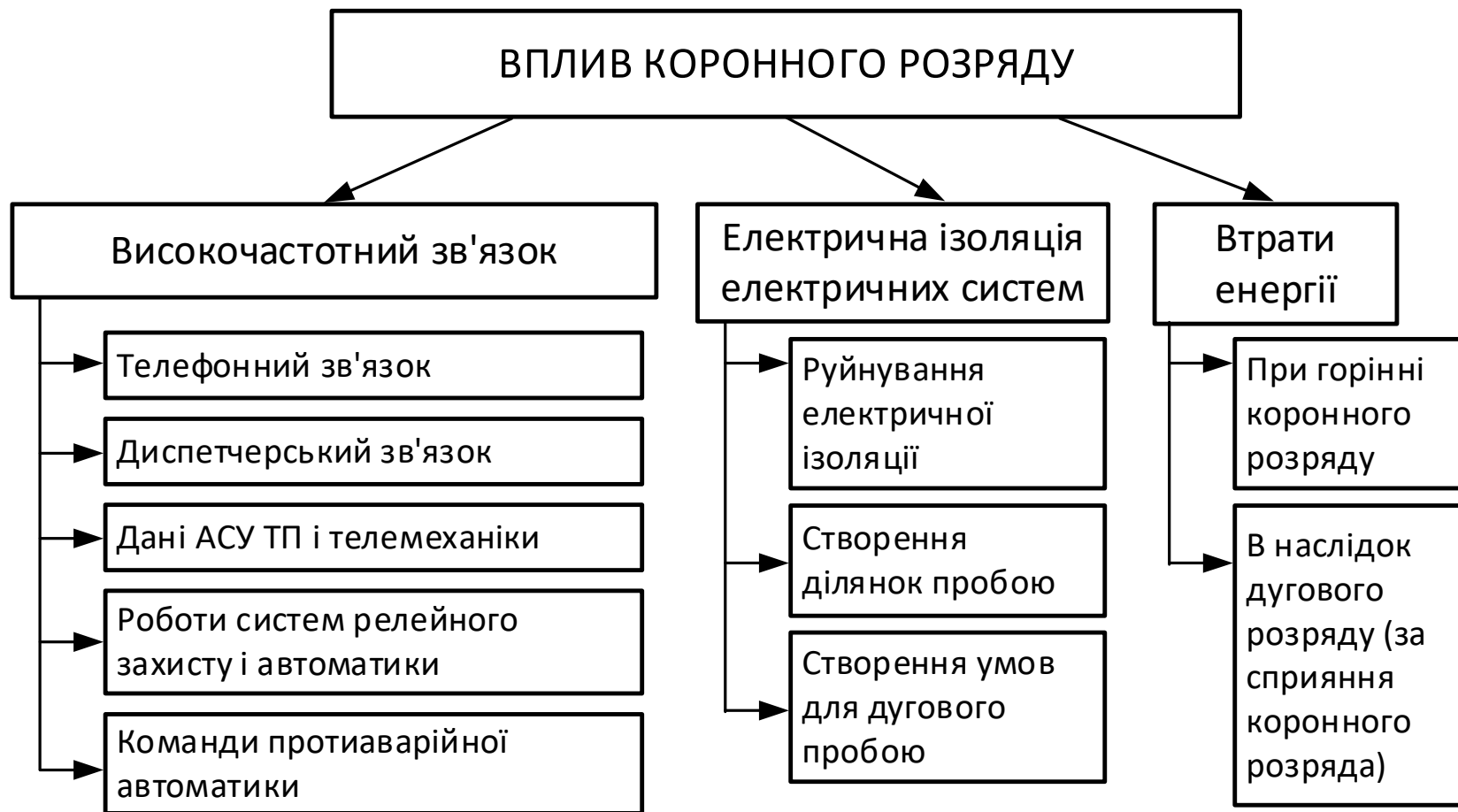


# Висновки по проведеним вимірюванням якості електропостачання

За результатами проведенних багатьох досліджень параметрів якості електропостачання було проаналізовано причини виникнення таких збурень і створено структурну схему чинників порушень параметрів якості електропостачання представлено на рисунку



# Вплив коронного розряду на параметри електропостачання



Боротьба з коронним розрядом переходить від зменшення збитків внаслідок втрат потужності під час роботи енергетичного комплексу на інший напрям – покращення показників якості електропостачання

# Вплив коронного розряду на ізолятори

Згідно з даними Electric Power Research Institute (EPRI) в США, збільшилася кількість відмов полімерних ізоляторів на лініях електропередачі 115 і 138 кВ. Дослідження EPRI показали, що ці збої пов'язані з постійним впливом на ізоляцію коронних розрядів

## Руйнування ізолятора 115 кВ



## Зменшення гідрофобності ізолятора

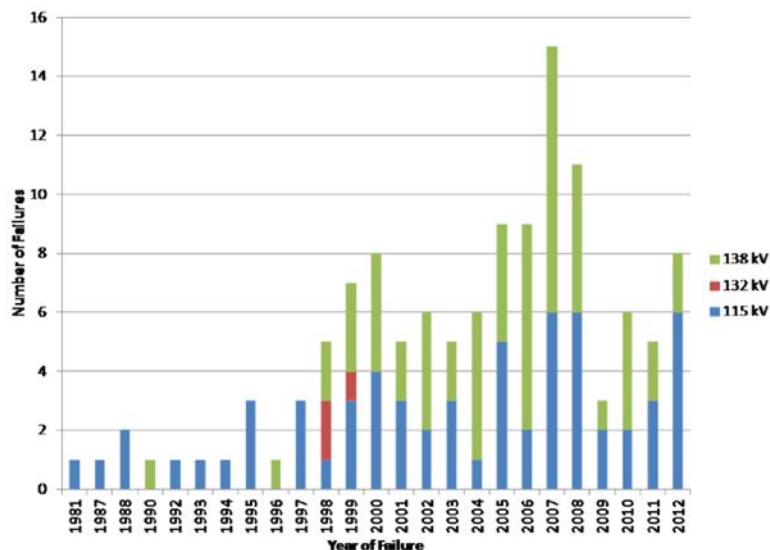


Wetting corona activity.

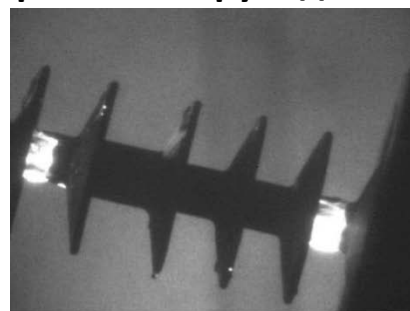


Loss of hydrophobicity.

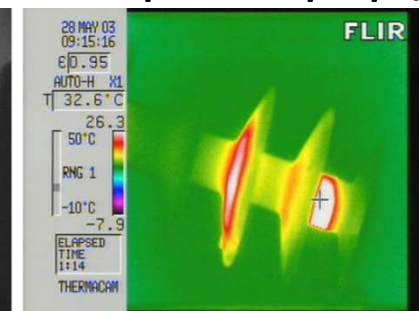
## Кількість відмов полімерних ізоляторів



## Нагрів ізолятора під впливом коронного розряду



Ultraviolet image.



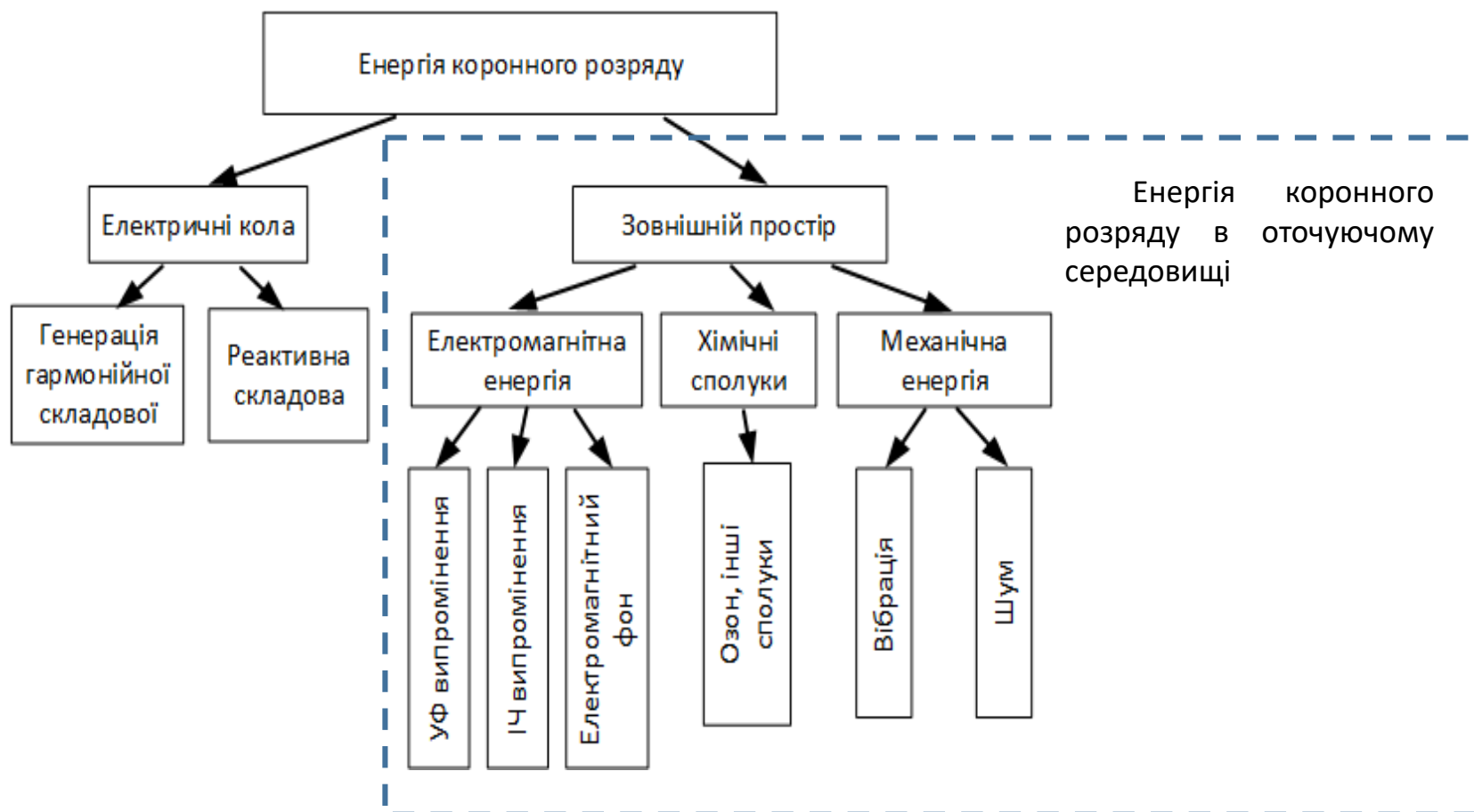
Infrared image.

## Руйнування стрижня



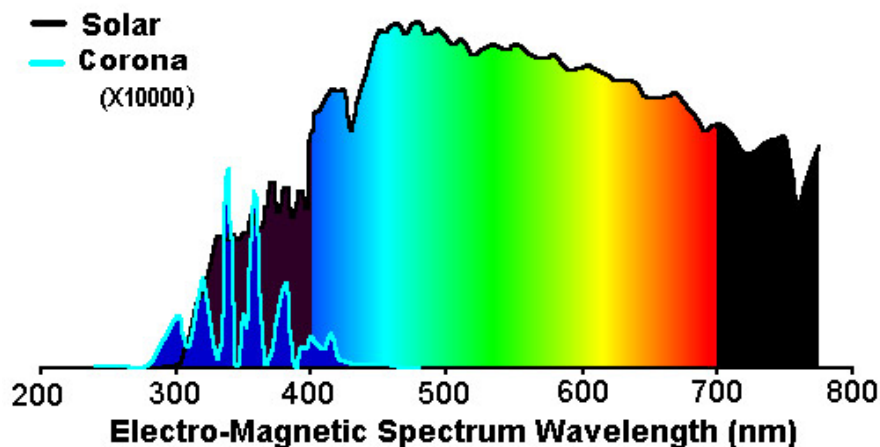
# ВИЯВЛЕННЯ НАЯВНОСТІ КОРОННОГО РОЗРЯДУ НА СТРУМОВЕДУЧИХ ЕЛЕМЕНТАХ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Різні типи збурення середовища коронним розрядом



# Ультрафіолетове випромінювання коронного розряду

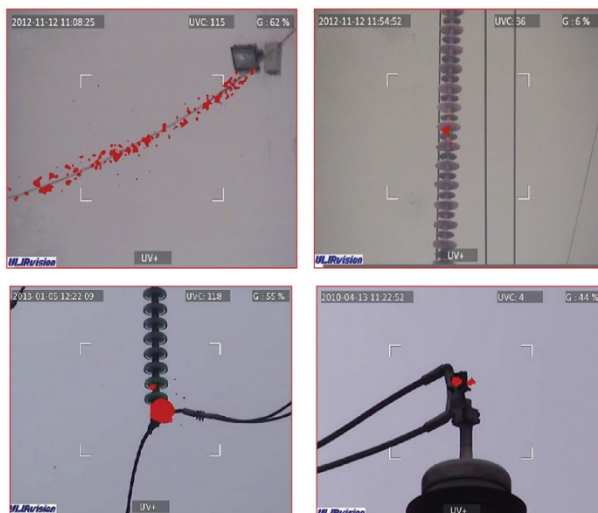
Спектри випромінювання коронного розряду і Сонця



Прилад UV-260 для оптичної фіксації коронного розряду в УФ діапазоні



Фотографії коронного розряду в УФ діапазоні виконані приладом UVSee TD90

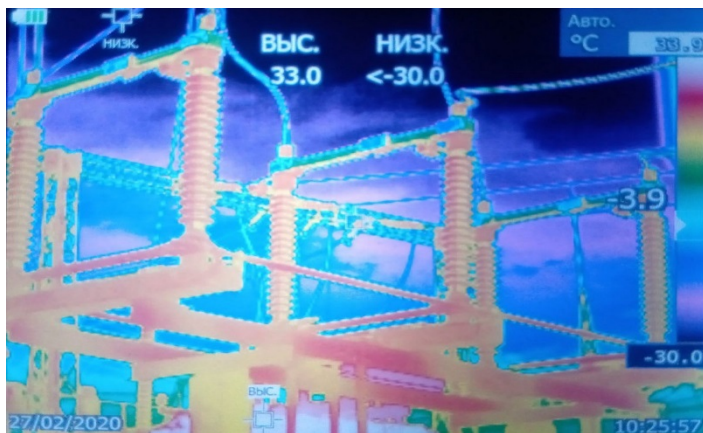


- Недоліки розпізнавання коронного розряду за ультрафіолетовим випромінюванням:
- фонове засвічення (на якому неможливо відрізнити оптичні сплески від корони, наприклад сонячне випромінювання);
  - незначні енергетичні сплески коронного розряду (чутливі оптичні датчики);
  - наявність оптичних перешкод (найчастіше коронні розряди виникають під час дощу, туману або в снігопад);
  - визначення тільки на малих дистанціях (до десяти метрів)

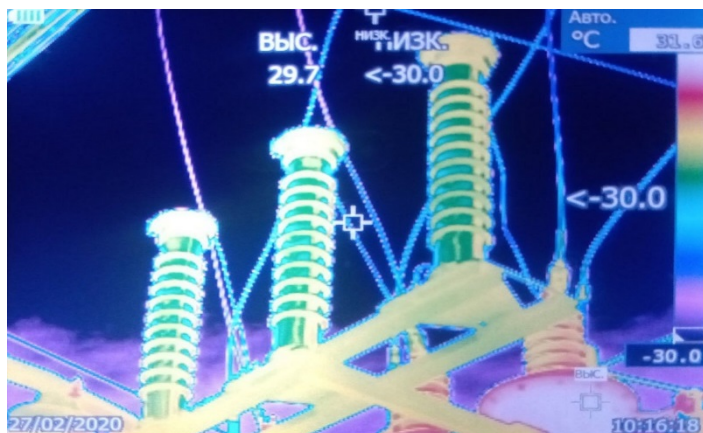
# Інфрачервоне випромінення при наявності коронного розряду

Фотографії виконані за допомогою тепловізора

Роз'єднувачі на підстанції 110 кВ



Трансформатори струму на підстанції 110 кВ



Спеціалізований тепловізор фірми Fluke

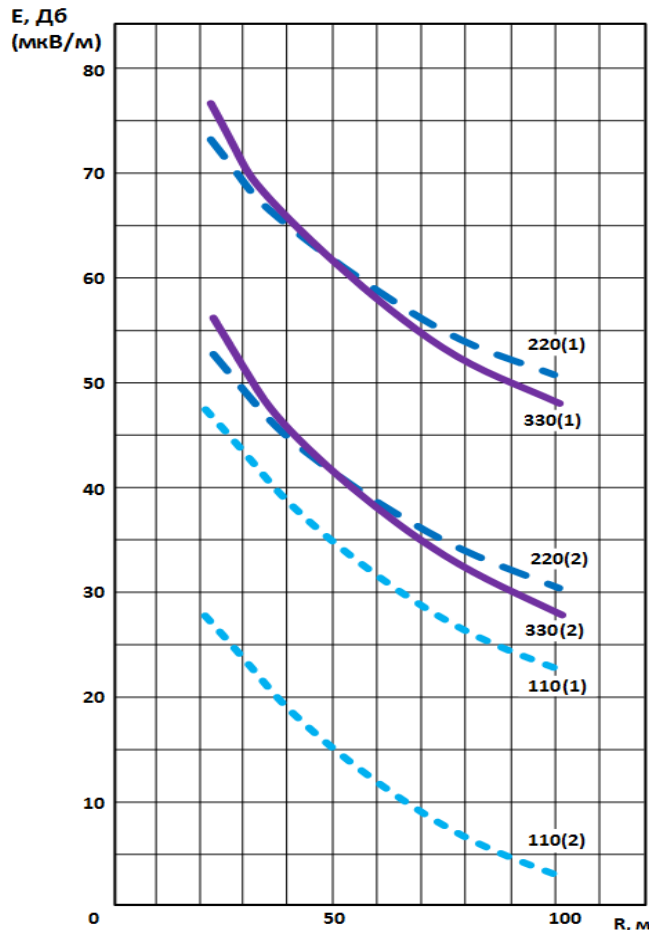


- Недоліки розпізнавання коронного розряду за інфрачервоним випроміненням:
- фонове засвічення (значний тепловий фон може засвітити зону коронного розряду);
  - наявність оптичних перешкод (наявність в полі зору екрануючих перешкод, погодні умови заважають інфрачервоному розпізнаванню);
  - визначення тільки на малих дистанціях (до десяти метрів).



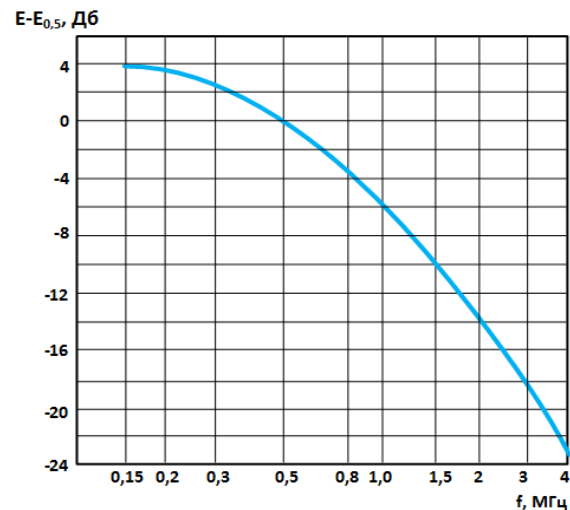
# Електромагнітний фон створюваний коронним розрядом

Профілі радіоперешкод для ЛЕП  
напругою 110-220-330 кВ



- 1 - при сильному дощі;  
2 - середнє значення при гарній погоді

Типовий частотний спектр полів радіоперешкод  
який створює високовольтна лінія

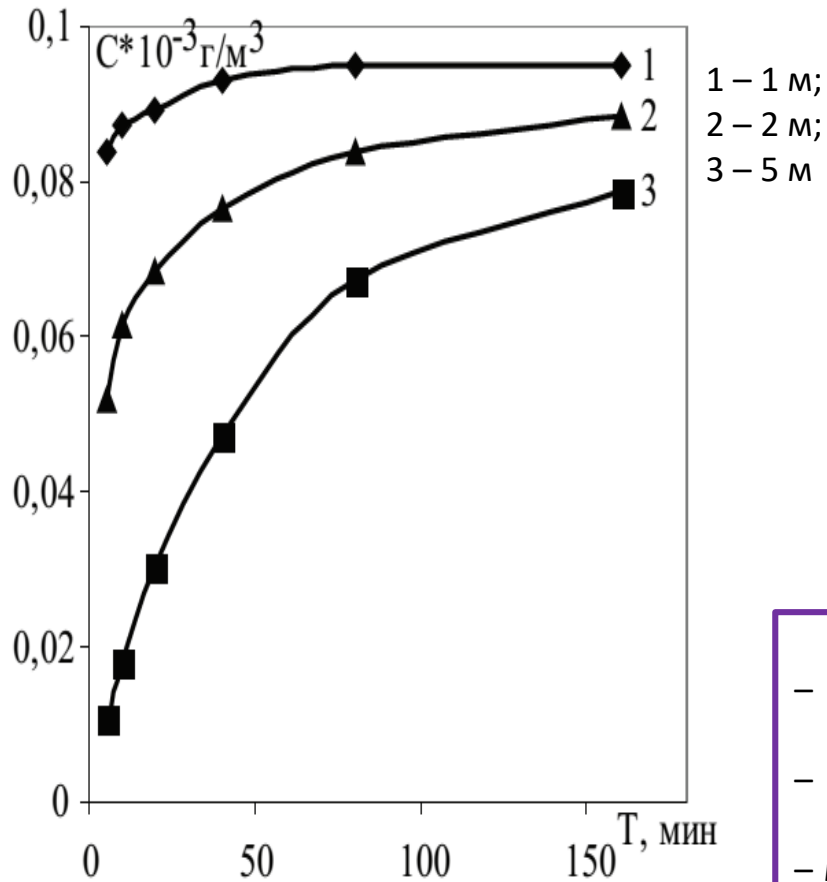


Недоліки методу:

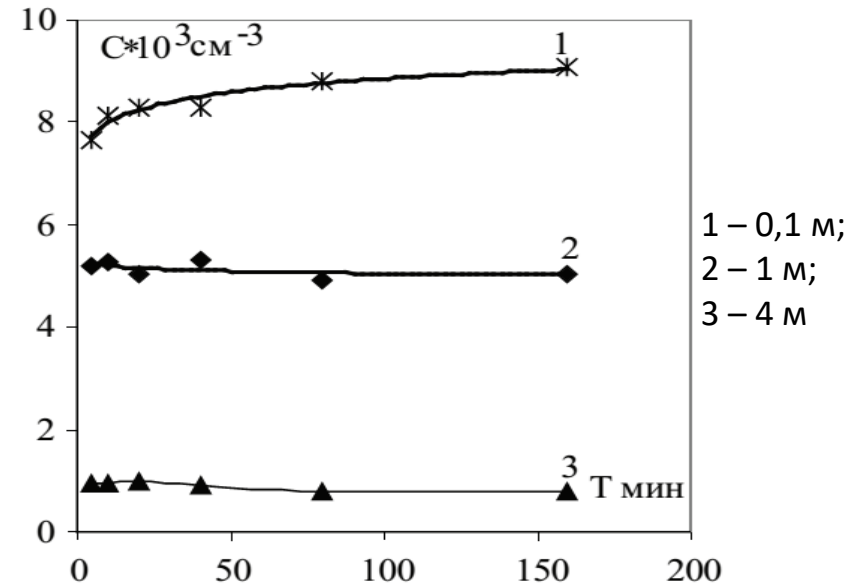
- невисока точність методу по розпізнаванню коронних розрядів на лініях електропередач;
- метод не розраховано на розпізнавання коронного розряду на елементах енергосистеми крім ліній;
- метод не дозволяє визначити координати коронного розряду

# Хімічні сполуки створювані коронним розрядом

Залежність концентрації озону в приміщенні на відстані від іонізатора



Залежність концентрації аероіонів від відстані до іонізатора і часу його роботи



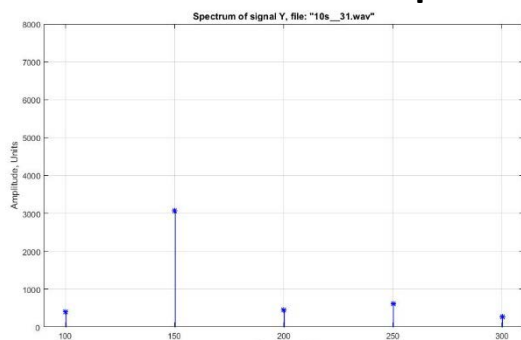
## Недоліки методу:

- невисока точність методу по розпізнаванню коронних розрядів
- неможливість використання зазначеного методу виявлення корони поза приміщень;
- метод працює на малих дистанціях 1-5 метрів і може бути використаний тільки як попереджаючий про небезпеку людині по знаходженню в озоновому середовищі;
- метод не дозволяє визначити координати коронного розряду

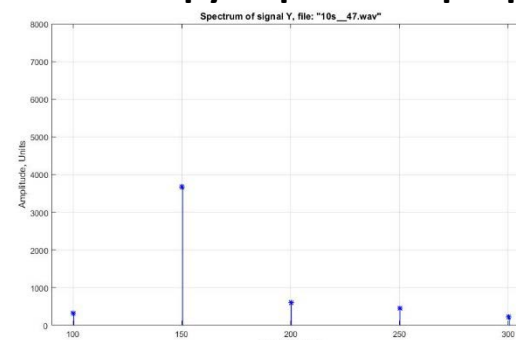
# Спектральний розклад аудіо сигналу коронного розряду

Коронному розряду притаманні лінії спектру 100, 150, 200, 250, 300, 350 Гц (інші лінії мають величини малого порядку якими можна знехтувати). Виходячи із вузькості спектральних ліній коронного розряду на кратних гармонічних значеннях, то для підвищення наочності можна виключити фонові частоти і побудувати графіки у вигляді стеблових гістограм

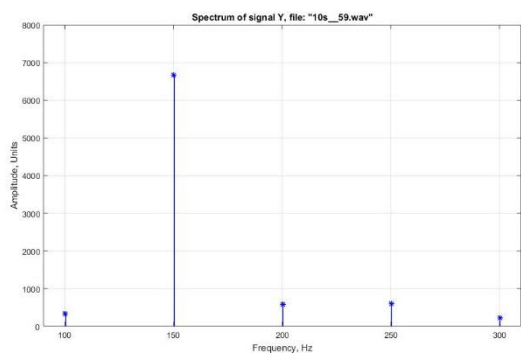
## Стеблова гістограма зображення частотного спектру коронного розряду



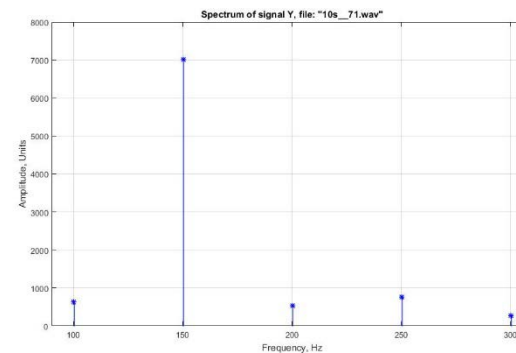
а – 31 кВ



в – 59 кВ;



б – 47 кВ;



г – 71 кВ

**ВИСНОВОК:** коронний розряд на струмопровідних частинах, наведений напругою промислової частоти 50 Гц викликає акустичне збурення – спектральна картина якого обов'язково містить гармонічні частки наступних частот 50 Гц, 100 Гц, 150 Гц, 200 Гц, 250 Гц, 300 Гц, 350 Гц

# Математична модель акустичного випромінення коронного розряду

За результатами обробки спектральної функції за зворотнім перетворенням Фур'є побудовано модель акустичного випромінення коронного розряду, яка отримала вигляд:

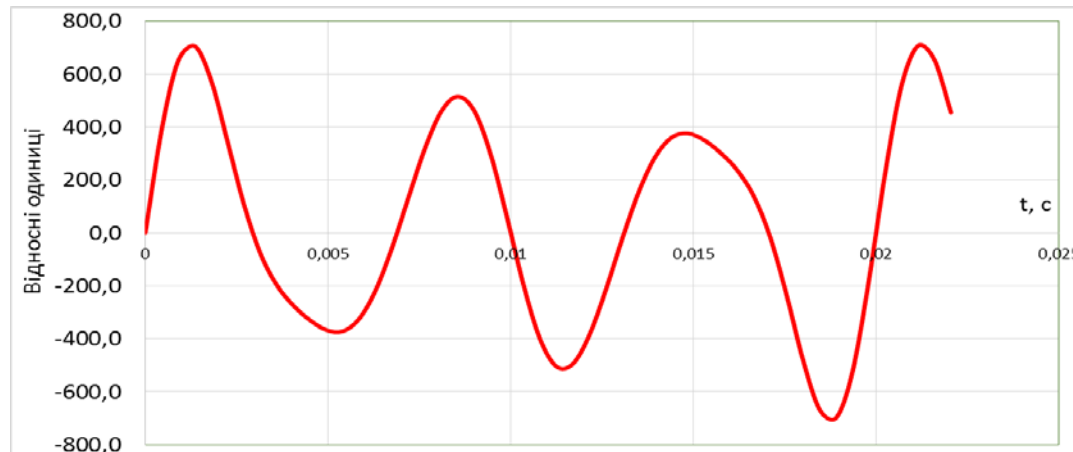
$$f(t) = A_0 + \sum_{i=2}^7 A_{mi} \sin(2\pi \cdot i \cdot f_i \cdot t + \varphi_i)$$

І в розгорнутому вигляді має вигляд:

$$f(t) = A_0 + A_{m2} \sin(2\pi 100t + \varphi_2) + A_{m3} \sin(2\pi 150t + \varphi_3) + A_{m4} \sin(2\pi 200t + \varphi_4) + A_{m5} \sin(2\pi 250t + \varphi_5) + A_{m6} \sin(2\pi 300t + \varphi_6) + A_{m7} \sin(2\pi 350t + \varphi_7)$$

де  $A_0$  – акустичні фонові шуми  
 $f_i$  – частота відповідної  $i$ -ї гармоніки  
 $A_{m2} \dots A_{m7}$  – амплітуди з 2-ої по 7-му гармонійну складову  
 $\varphi_2 \dots \varphi_7$  – зсув фази з 2-ої по 7-му гармонійну складову

**Крива амплітудних значень акустичного сигналу відтворена за моделлю коронного розряду (розгорнуто до одного періоду)**



# РОЗПІЗНАВАННЯ НАЯВНОСТІ КОРОННОГО РОЗРЯДУ ЗА СПЕКТРАЛЬНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ АКУСТИЧНОГО ВИПРОМІНЕННЯ

Розпізнавання коронного розряду за наявністю спектральних складових

## Модель системи реєстрації акустичних коливань



На виході приймача отримуємо функцію випадкового сингала в залежності від часу  $\xi(t)$ .

Випадковий процес  $\xi(t)$ , що залежить тільки від одного дійсного параметра  $t$  (часу) вважається визначеним на інтервалі часу  $(0, T)$ , якщо при довільному числі  $n$  для всіяких моментів часу  $t_1, t_2, \dots, t_n$  на цьому інтервалі відома  $n$ -мірна щільність розподілу ймовірностей  $p_n(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n; t_1, t_2, \dots, t_n)$  або  $n$ -мірна характеристична функція.

$$\Theta_n(jv_1, jv_2, \dots, jv_n; t_1, t_2, \dots, t_n) = M \left\{ \prod_{i=1}^n \exp(jv_i \xi_i) \right\}$$

де  $\xi_1 = \xi(t_1), \xi_2 = \xi(t_2), \dots, \xi_n = \xi(t_n)$ .

Розпізнавання наявності в акустичному сигналі сигналу від коронного розряду можна провести як вибір однієї із гіпотез

$H_0$  – сигнала коронного розряду немає в акустичному сигналі

$H_1$  – сигнал коронного розряду присутній в акустичному сигналі

Де гіпотеза може бути вирахована порівнянням дисперсії із межовим найменшим значенням.

$$D = \min M |(F(x) - F_{kr}(x))^2|$$

де  $F(x)$  – випадковий акустичний сигнал, який оброблено Фур'є перетворенням

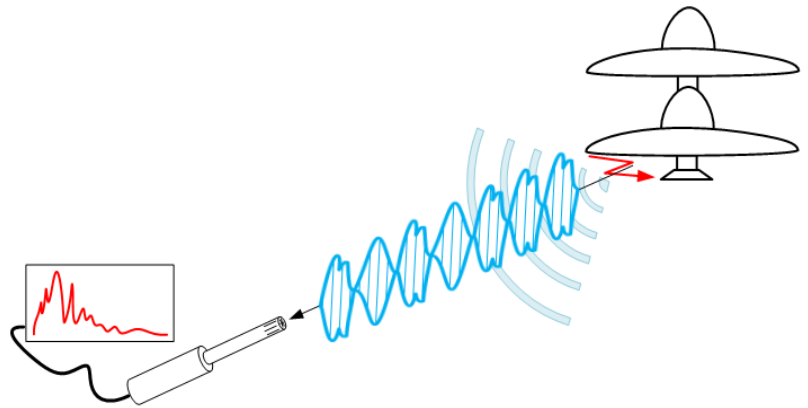
$F_{kr}(x)$  – модель коронного розряду після Фур'є перетворення

Що дає змогу сформулювати критерій наявності коронного розряду по акустичним спектральним лініям кратним гармонікам промислової частоти.

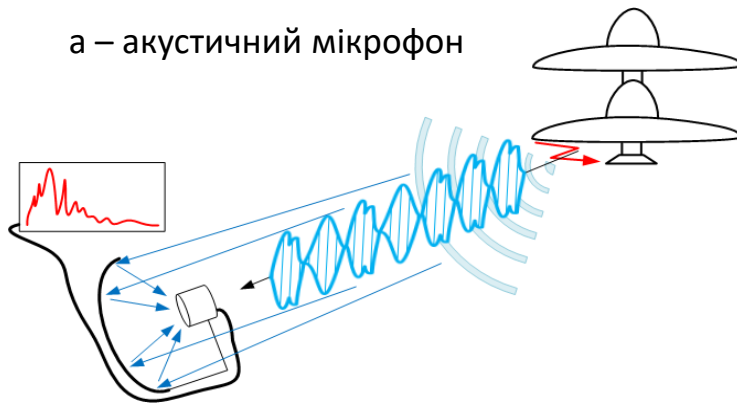
# Розпізнавання наявності коронного розряду нерухомим приладом

Розпізнавання наявності коронного розряду за допомогою обладнання з найпростішим технічним забезпеченням. До складу такого обладнання входить: мікрофон і записуючий пристрій.

## Визначення наявності коронного розряду ручним приладом



а – акустичний мікрофон



б – акустичний мікрофон із концентратором акустичного випромінення

## Мікрофон направленої дії



# ВИСНОВОК

## Основні результати полягають в наступному:

1 Показані основні параметри якості електропостачання, які було згруповано по різних групам. Звернуто увагу на те, що якість електричної енергії можна розглядати як один із елементів якісних показників електропостачання.

2 Розглянуто коронний розряд, як один із чинників зміни параметрів якості електропостачання. Показано, що коронний розряд призводить не тільки до незворотних втрат електричної енергії але й, перешкоджає передаванню високочастотних сигналів, погіршує ізоляційні елементи, може стати джерелом умов для виникнення дугового розряду і є одним із чинників зміни безперебійності.

3 Показана актуальна наукова проблема, пов'язана з недостатньою ефективністю існуючих сьогодні методів визначення наявності коронного розряду. Такі методи мають бути дистанційними, гальванічно розірваними із мінімальним впливом сторонніх факторів, таких як, погодні умови, години доби і інші.

4 Запропоновано використовувати для пошуку наявності коронного розряду метод фіксації акустичних шумів від коронного розряду. Наведено результати математичного моделювання з описання акустично енергетичних залежностей коронного розряду.

**Дякую за увагу**